

- изучение внутреннего строения плотины, подпругивающей озеро;
- выявление изменений, происходящих в теле снежно-ледяной плотины по мере развития паводка;
- фотофиксация изменений, наблюдаемых в пределах участка.

По результатам работ было установлено, что канал, формирующийся при прорыве озера, ежегодно образуется на одном и том же месте, а его положение обусловлено внутренним строением перемычки: в рельефе скальных пород и ледяной толщи в пределах дамбы наблюдается линейный прогиб, по которому и происходит преимущественный переток озерных вод. Как показали мониторинговые геофизические съемки, активная фаза паводка предваряется длительной фильтрацией через толщу снега, заполняющую прогиб и являющуюся наиболее проницаемой средой, при этом фильтрация начинается как минимум за две недели до прорыва, а метод георадиолокации позволяет не только достоверно устанавливать сам факт обводненности плотины, но и качественно оценивать постепенное повышение этого параметра. Совместный анализ геофизических материалов и данных об изменении уровня водной поверхности озера, интерпретируемых в контексте многолетних наблюдений, позволяет оценивать вероятность развития паводка. Таким образом, мы получаем возможность своевременно приостановить транспортные операции на данном участке непосредственно перед прорывом. Полученные результаты, кроме того, имеют и методическое значение — так, установив основные геолого-гляциологические особенности плотин, способствующие развитию паводков, и геофизические признаки форми-

рующегося водного потока, мы можем учитывать их при оценке безопасности новых логистических объектов.

Пример, показанный выше, наглядно иллюстрирует комплексный подход, применяемый при обследовании опасных гидрологических объектов — основных источников рисков при работах в пределах оазиса и вблизи него. При удалении на ледниковый купол большую угрозу представляют зоны трещин — и работы, связанные с их картированием и оценкой соответствующих рисков, также неизменно входят в состав мероприятий, выполняющихся согласно программе. Основным методом полевых изысканий в этом случае является метод георадиолокации, позволяющий установить координаты трещин в пределах изучаемого участка; для повышения качества и достоверности интерпретации георадарных данных также используются гляциологические методы, аэрофотосъемка, а при возможности — визуальные наблюдения. Результатом полного комплекса исследований в этом случае является схема расположения трещин в пределах изученного участка, оценка степени их опасности для выполнения транспортных операций и рекомендации к мониторинговым мероприятиям. К настоящему моменту все логистические объекты, расположенные на ледниковом куполе в районе станции Прогресс, прошли как минимум рекогносцировочное обследование, позволяющее дать принципиальное заключение о возможности безопасного выполнения работ, и в ближайший полевой сезон на всех объектах планируется завершить полный цикл изысканий.

*С.Д. Григорьева (АНИИ, СПбГУ),
Э.Р. Киньябаева (АНИИ, СПбГУ), М.Р. Кузнецова (СПбГУ)*

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АНИИ В ХОДЕ РЕЙСА «АРКТИЧЕСКИЙ ПЛАВУЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ 2021» НА НЭС «МИХАИЛ СОМОВ» В ИЮНЕ–ИЮЛЕ 2021 ГОДА

С 2012 года в Баренцевом море и на прилегающих архипелагах (Шпицберген, Земля Франца-Иосифа, Новая Земля) успешно реализуется проект «Арктический плавучий университет» (АПУ). Этот проект динамично развивается в результате сотрудничества Северного (Арктического) федерального университета (г. Архангельск) и научных организаций Российской академии наук, ведущих университетов России и Росгидромета. Проект «Арктический плавучий университет» включает в себя организацию и проведение комплексных научно-исследовательских работ в области океанологии, метеорологии, гидрохимии, гляциологии, морской биологии, геологии, почвоведения и орнитологии, а также обучение и подготовку молодых специалистов для исследования арктического региона и обеспечения его устойчивого развития.

В отличие от прошлых лет, когда в качестве транспорта экспедиции использовалось НИС «Профессор Молчанов», принадлежащее Северному УГМС (г. Архангельск), в 2021 году базой для экспедиции было выбрано легендарное судно — НЭС «Михаил Сомов», принадлежащее этому же управлению. Несмотря на свой почтенный возраст (приближается полувековой юбилей), судно находится в рабочем состоянии и неустанно трудится на протяжении последних двадцати лет, выполняя важ-

ную работу по обеспечению труднодоступных полярных станций на трассе Северного морского пути. В течение летней навигации «Михаил Сомов» обходит полярные станции, доставляя продукты и топливо, людей и оборудование.

В экспедиции 2021 года приняли участие студенты, аспиранты и научные сотрудники Северного (Арктического) федерального университета, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Санкт-Петербургского государственного университета, Российского государственного гидрометеорологического университета, Норильского государственного индустриального института, Саратовского национального исследовательского государственного университета, Полесского аграрно-экологического института Национальной академии наук Беларуси, Института физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН, Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Одновременно с экспедицией АПУ на судне работали еще несколько научных групп. Группа «Нарвал» занималась поиском и изучением состояния популяции нарвала, в задачи группы ученых, работавших по программе «Хозяин Арктики», входили поиск и обследование белых медведей.



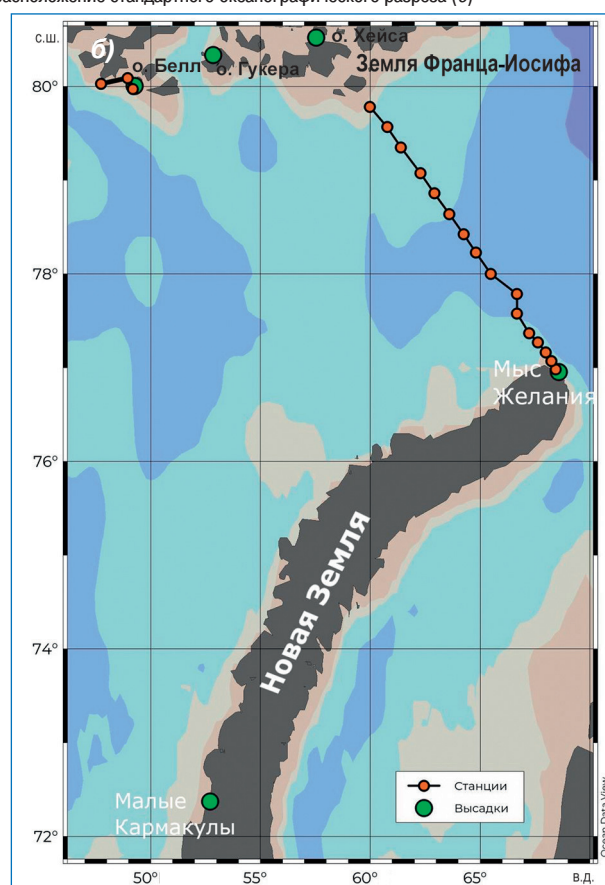
НЭС «Михаил Сомов» в Баренцевом море. 2021 год.
Фото В.С. Вакуловой

Экспедиция прошла в период с 10 июня по 1 июля 2021 года по маршруту Архангельск — Баренцево море — арх. Новая Земля — арх. Земля Франца-Иосифа — арх. Новая Земля — Баренцево море — Архангельск (см. рисунок).

Программа работ предусматривала два основных направления: образовательное и научно-исследовательское. В рамках образовательного направления сотрудниками ААНИИ были прочитаны лекции по полярной

метеорологии, изучению многолетнемерзлых грунтов и климатологии. В рамках научно-исследовательского направления были выполнены океанографические и гидрооптические измерения на стандартном океанографическом разрезе от мыса Желания (Новая Земля) до острова Сальм (арх. Земля Франца-Иосифа). Также по всему маршруту экспедиции проводились непрерывные измерения основных метеорологических величин (температура, относительная влажность воздуха, атмосферное

Маршрут НЭС «Михаил Сомов» во время рейса АПУ-2021 (а) и расположение стандартного океанографического разреза (б)



давление, скорость и направление относительного ветра), измерения содержания углекислого газа в приземном слое атмосферы и регистрация проходящей солнечной радиации в различных спектральных диапазонах. Также перед группой ААНИИ в рамках работ по гранту РНФ 19-77-10066 «Геокриологические условия архипелагов и прилегающего шельфа западного сектора Евразийской Арктики» (рук. Н.Э. Демидов) стояла задача проведения рекогносцировочных работ по подбору мест для организации будущих полигонов мониторинга многолетнемерзлых грунтов на арх. Новая Земля и Земля Франца-Иосифа.

Экспедиционную группу ААНИИ на борту судна возглавлял А.М. Безгрешнов, в нее входили океанолог С.Ю. Малиновский, метеоролог Е.В. Зотова, мерзлотовед Н.Э. Демидов.

В период экспедиции на разрезе от м. Желания до о. Сальм было выполнено 16 океанографических станций (см. рисунок), на каждой из которых определялось вертикальное распределение температуры и солёности воды, производился отбор проб для различных гидрохимических и гидробиологических анализов. Для производства океанографических измерений и отбора проб воды использовались СТД-зонд SBE 32, оснащенный 12 батометрами емкостью 5 литров, и зонд SBE 19 plusV2.

Основная задача океанографических наблюдений заключалась в продолжении мониторинга состояния и изменчивости водных масс в проливе между арх. Земля Франца-Иосифа и Новой Землей. Получены новые данные о термохалинном состоянии водной толщи, прозрачности и флуоресценции морской воды. Дополнительно 3 океанографические станции были выполнены в местах стоянки судна в акватории арх. Земля Франца-Иосифа.

В ходе проведения специальных метеорологических и актинометрических наблюдений в период экспедиции были получены следующие результаты:

- собраны данные о величине потоков проходящей солнечной радиации в спектральных диапазонах 300–3000 и 400–700 нм;
- получены данные о пространственном распределении концентрации двуокиси углерода (CO_2) в приземном слое воздуха по всему маршруту следования экспедиции;
- получены оригинальные данные о перераспределении солнечной радиации



Работа с пробоотборным комплексом SBE 32.
Фото А.М. Безгрешнова

ры показала, что средний уровень в ходе экспедиции не превышал обычных для этого района значений и составил около 370 ppb, при минимальных значениях и максимальных значениях 355 и 380 ppb соответственно.

По данным измерений относительной прозрачности морской воды, наибольшее значение составило 15,5 м и было зафиксировано в южной части океанографического разреза (ст. № 14 и 15). Наименьшая прозрачность воды (8,5 м) отмечена вблизи острова Белл в районе арх. Земля Франца-Иосифа и связана с разрушением припая и попаданием значительного количества взвеси в морскую воду при таянии снежного покрова на суше (материковый сток).

Для решения задач по выбору оптимальных мест для развертывания полигонов мониторинга многолетнемерзлых грунтов проводились высадки на берег группы ученых ААНИИ во главе с мерзлотоведом Н.Э. Демидовым. За период экспедиции было выполнено 5 высадок (места высадок на рисунке обозначены зеленым цветом).

Высадки проводились с помощью вертолета Ми-8, который базировался на борту НЭС «Михаил Сомов».

Одним из наиболее подходящих мест оказался район российской гидрометеорологической обсерватории им. Э.Т. Кренкеля на острове Хейса (Земля Франца-Иосифа). Здесь в 1 км от станции на второй морской террасе выявлена ненарушенная ровная горизонтальная площадка, сложенная однородными песками без при-

Сетка полигонально-жильных льдов на сложенной песками второй морской террасе о. Алджер.
Фото Н.Э. Демидова



меси крупнообломочного материала. В сентябре 2021 года здесь планируется разбить площадку мониторинга сезонно-талого слоя. Расположение данной площадки в непосредственной близости от действующей обсерватории позволит ежегодно проводить регулярный съем данных с полигона и контроль средств измерений. В качестве дополнительного варианта расположения мониторингового полигона была предложена морская терраса на соседнем острове Алджер, куда группа ученых была также доставлена на вертолете. Здесь сложенная песками терраса разбита



Выполнение электроразведочных работ с припая в районе острова Белл (арх. Земля Франца-Иосифа).
Фото Н.Э. Демидова

характерной сетью полигонально-жилых льдов.

В ходе исследований в экспедиции использовались геофизические методы (электроразведка) в местах двух высадок на арх. Новая земля и трех высадок на островах арх. Земля Франца-Иосифа. Было проведено профилирование в транзитной зоне суша — море с выходом на припай для установления наличия и определения мощности слоя многолетней мерзлоты. На всех высадках по данным электроразведки суша характеризуется наличием сплошной мерзлоты. Под планируемыми полигоном на о. Хейса она имеет мощность порядка 80 м. Напротив, на акватории твердомерзлые породы обнаружены не были ни в одном из электроразведочных пикетов.

За время работы экспедиции в соответствии с утвержденной программой научных исследований был произведен обширный комплекс различных измерений.

В результате специальных метеорологических наблюдений накоплен значительный объем информации о текущем состоянии погоды и климата в восточной и северо-восточной части акватории Баренцева моря. Получены новые данные о пространственно-временном распределении суммарной солнечной радиации, об осо-

бенностях перераспределения солнечной радиации, поступающей в верхний слой моря, концентрации двуокиси углерода по маршруту движения судна.

В результате океанографических работ были выполнены 19 океанографических станций, на каждой из которых определялось вертикальное распределение температуры и солёности морской воды, что позволило оценить межгодовую изменчивость атлантических вод в этом районе.

Рекогносцировочные работы, выполненные в ходе исследования многолетнемерзлых грунтов в местах высадок, позволи-

ли определить положения мониторинговых площадок, подходящих для многолетних наблюдений за динамикой сезонно-талого слоя и организации термометрических скважин на арх. Земля Франца-Иосифа. По данным геофизических исследований получены первые для архипелага Земля Франца-Иосифа оценки мощности многолетнемерзлых грунтов. Показано отсутствие твердомерзлых пород на его акватории.

В заключение можно констатировать, что программа научных исследований ААНИИ выполнена в полном объеме. Полученные результаты соответствуют требованиям технического задания и будут использоваться на следующих этапах выполнения плановых НИР Росгидромета.

Особо хочется поблагодарить начальника рейса от Северного УГМС — Ольгу Николаевну Балакину за неоценимую помощь и участие в общей организации работ экспедиции и в выполнении океанографической программы экспедиции.

А.М. Безгрешнов, С.Ю. Малиновский, Н.Э. Демидов, Е.В. Зотова (ААНИИ)

СПЕЦИАЛЬНЫЕ ЛЕДОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ НА БОРТУ АТОМНОГО ЛЕДОКОЛА «50 ЛЕТ ПОБЕДЫ» ВО ВРЕМЯ ЭКСПЕДИЦИЙ К СЕВЕРНОМУ ПОЛЮСУ В 2021 ГОДУ

История круизных рейсов в приполюсный район Арктического бассейна берет свое начало с 90-х годов прошлого столетия, когда в августе 1990 года атомный ледокол (а/л) «Россия» впервые достиг географической точки Северного полюса с туристами на борту. С тех пор в летний сезон туристические рейсы на отечественных атомоходах («Россия», «Советский Союз», «Ямал», а с 2007 года — «50 лет Победы») стали регулярными. Маршрут плавания стандартный: из порта Мурманск ледокол следует через проливы архипелага Земля Франца-Иосифа к Северному полюсу, а затем возвращается в порт через восточную или центральную части архипелага. Путь следования судна между

островами архипелага может незначительно меняться в зависимости от ледовой обстановки и выбора мест для кратковременных высадок туристов на берег. Ранее за сезон могло состояться до 5–6 рейсов: с середины июня по середину августа. Однако в 2020 году во время пандемии, вызванной распространением коронавирусной инфекции, все рейсы были отменены, а в 2021 году — были организованы только два рейса преимущественно для русских туристов.

За периоды с 1991 по 1996 год, с 2006 по 2019 год и в 2021 году сотрудники Арктического и антарктического научно-исследовательского института (ААНИИ) принимали активное участие в туристических рейсах с целью